

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ

KATEDRA OBRÁBĚNÍ, MONTÁŽE A STROJÍRENSKÉ METROLOGIE

Racionalizace technologie výroby vybraného dílce
Production Technology Rationalization of Choices Part

Student:	Jakub Branný
Vedoucí bakalářské práce:	doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Branný**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Racionalizace technologie výroby vybraného dílce**
Production Technology Rationalization of Choices Part
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky.
2. Technologie soustružení velkých sérií.
3. Návrh technologie výroby vybraného dílce.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
[2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
[3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentální metody v tryskovém obrábění*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
[4] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.**


Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016





doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 13. května 2016


.....
Jakub Branný

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, że Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 13. května 2016


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jakub Branný

Adresa trvalého pobytu autora práce: Selská 46, Český Těšín – Místřovice

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BRANNÝ, J. *Racionalizace technologie výroby vybraného dílce: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2016, 43 s. Vedoucí práce: Čep, R.

Bakalářská práce se zabývá racionalizací soustruženého dílce, správnou volbou řezných nástrojů, určení řezných podmínek a návrhem technologického postupu. Vytvořený NC program je dokumentován v příloze bakalářské práce. V závěru jsou spočítány náklady na výrobu požadovaného měsíčního množství a výpočet bodu zvratu, který určuje, od jakého minimálního množství vyráběných dílů firma produkuje zisk.. Stroje pro sériovou a hromadnou výrobu jsou popsány v teoretické části.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

BRANNÝ, J. *Production Technology Rationalization of Choices Part: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of machining, assembly and engineering metrology, 2016, 43 p. Thesis head: Čep, R.

This bachelor thesis deals with the rationalization of lathed parts the correct choice of cutting tools, determine cutting conditions and the design of the technological process. Created NC program is documented in the annex of the bachelor thesis. In the end are the calculated cost of producing the required monthly amount and calculation of the break-even point which determines what the minimum amount of manufactured parts company produces profit. Machinery for serial and mass production are described in the theoretical part.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji doc. Ing. Robertu Čepovi, Ph.D. z Fakulty strojní, katedry obrábění, montáže a strojírenské metrologie TU – Ostrava za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Rád bych poděkoval majiteli firmy Faumod s.r.o. Ing. arch. Bronislavovi Zwyrtkovi za možnost vypracovat bakalářskou práci v dané firmě a získání technických informací. Poděkování patří také vedoucímu technického oddělení Radkovi Morcinkovi za poskytnutí konzultace v technickoeconomické části. Závěrem děkuji své rodině a přítelkyni za podporu při mém studiu.

OBSAH:

Seznam použitých symbolů a zkratk	9
1. ÚVOD	12
2. TECHNOLOGIE SOUSTRUŽENÍ VELKÝCH SÉRIÍ.....	14
2.1. Soustružení	14
2.1.1. Řezné podmínky	14
2.2. Velkosériová a hromadná výroba	15
2.3. Stroje pro velkosériovou výrobu	16
2.3.1. Poloautomatické soustruhy	16
2.3.2. Automatické soustruhy	16
3. NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY VYBRANÉHO DÍLCE.....	21
3.1. Základní informace o vyráběné součásti	21
3.2. Materiál součásti	21
3.3. Volba pracovního stroje	22
3.4. Použité řezné nástroje.....	23
3.4.1. Vrtací operace	23
3.4.2. Soustružnické operace	23
3.5. Rámcový technologický postup	27
3.6. Vypracovaný technologický postup	28
3.7. Vytvořený NC program.....	31
3.8. Stanovení výměny břitové destičky	31
4. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	33
4.1. Přímé náklady	33
4.1.1. Náklady na materiál	33
4.1.2. Náklady na mzdy	34
4.1.3. Náklady na strojní vybavení.....	35
4.1.4. Celkové přímé náklady.....	35
4.2. Fixní náklady	36
4.3. Tržby za materiálový odpad	36
4.4. Celkové náklady	37
4.4.1. Bod zvratu	37
4.4.2. Výnosy	38
4.4.3. Čistý zisk	38
5. ZÁVĚR.....	39
Seznam použité literatury	41
Seznam příloh	43

Seznam použitých symbolů a zkratek

zkratka	popis	jednotka
CNC	Computer Numerical Control	[-]
Kč	koruna česká	[-]
ks	kus	[-]
mil.	milión	[-]
obr.	obrázek	[-]
s. r. o	společnost s ručeným omezením	[-]
tab.	tabulka	[-]

symbol	popis	jednotka
A ₅	tažnost	[%]
C	uhlík	[%]
C _o	Cena jednoho kilogramu hrubého materiálového odpadu	[Kč]
C _{ot}	cena jednoho kilogramu materiálového odpadu třísek	[Kč]
Cr	chrom	[%]
D	průměr obráběné plochy	[mm]
FN	fixní náklady	[Kč]
FN _{nástroj}	pořizovací cena nástrojů na vyráběnou dávku	[Kč]
H _č	čistá hmotnost jedné součásti	[kg]
H _h	hrubá hmotnost jedné součásti	[kg]
H _{mob1}	hodinová mzda obsluhy CNC soustruhu	[Kč/hod]
H _{mob2}	hodinová mzda obsluhy čištění součástí	[Kč/hod]
H _{mob3}	hodinová mzda obsluhy omílačky	[Kč/hod]
H _{m CNC}	strojní hodinová mzda CNC soustruhu	[Kč]
H _{m omíl.}	strojní hodinová mzda omílačky	[Kč]
H _{zt}	hmotnost zbytku tyče (270 mm)	[kg]
Mn	mangan	[%]
Mo	molybden	[%]
N	dusík	[%]
NC	celkové náklady	[Kč]
NC ₁	celkové náklady na jednu součást	[Kč]
N _{CELK.MZDY}	celkové náklady na mzdy	[Kč]
N _{CELK.STROJ}	celkové strojní náklady	[Kč]

N_{CNC}	náklady na provoz CNC soustruhu	[Kč]
N_{mat}	náklady na materiál	[Kč]
N_{ob1}	náklady na obsluhu CNC soustruhu	[Kč]
N_{ob2}	náklady na obsluhu čištění součástí	[Kč]
N_{ob3}	náklady na obsluhu omílačky	[Kč]
$N_{omíl}$	náklady na provoz omílačky	[Kč]
N_p	celkové přímé náklady	[Kč]
N_{p1}	přímé náklady na jednu součást	[Kč]
P	fosfor	[%]
Q_{BZ}	bod zvratu	[ks]
R_m	mez pevnosti materiálu	[MPa]
$R_{p0,2}$	smluvní mez kluzu (0,2%)	[MPa]
S	síra	[%]
Si	křemík	[%]
$\dot{S}_{úpich}$	šířka upichovacího nože	[mm]
T_{odp}	tržba z odpadu	[Kč]
V	výnosy	[Kč]
$Z_č$	čistý zisk	[Kč]
a_p	hloubka řezu	[mm]
f	posuv	[mm]
$h_{třísek}$	hmotnost třísek	[kg]
$h_{tyčí}$	hmotnost tyčí	[kg]
k	určená pravidelná kontrola po několika kusech	[ks]
l	délka polotovaru	[mm]
l_s	délka vyráběné součásti	[mm]
l_z	délka zbytku tyče	[mm]
m_t	hmotnost jedné tyče	[kg]
n	počet otáček	[min ⁻¹]
n_t	počet tyčí pro výrobní sérii	[ks]
n_1	počet kusů z jednoho polotovaru	[ks]
t_o	omílací čas jedné součásti	[sec]
t_1	čas na prvotní nastavení stroje, upnutí nástrojů, seřízení	[min]
t_2	čas na pravidelnou kontrolu součástí, doplnění materiálu	[min]
t_3	čas na pravidelnou výměnu nástrojů a čištění stroje	[min]

t_4	čas na oplach jedné součásti	[sec]
t_5	čas na odjehlení součásti	[sec]
t_6	čas na ofoukání součásti	[sec]
t_7	čas na omílání jedné dávky	[min]
t_{ob1}	celkový čas obsluhy CNC soustruhu	[hod]
t_{ob2}	celkový čas obsluhy čištění součástí	[hod]
t_{ob3}	celkový čas obsluhy omílačky	[hod]
t_s	výrobní čas jedné soustružené součásti	[sec]
v_c	řezná rychlost	[m.min ⁻¹]
v_f	posuvová rychlost	[m.min ⁻¹]
x	omílací dávka	[ks]
z	požadovaný zisk	[%]
μ	koeficient pro zmetkovitost	[%]

1. ÚVOD

Tématem této bakalářské práce je „Racionalizace technologie výroby vybraného dílce“ respektive výroby soustruženého dílce. Racionalizace ve výrobní oblasti je soustavné, promyšlené a cílevědomé zdokonalování výroby, její organizace a jejího řízení, za použití různých výrobních metod, technik či nástrojů. Je součástí souhrnu opatření, směřujících k účelnějšímu, hospodárnějšímu způsobu práce a výroby. Jedná se o komplexní proces, při kterém se snažíme dosáhnout maximálního zvýšení produktivity při minimálních investicích. Proces se netýká jen vlastní výroby, nýbrž i oblasti řízení a správy a zahrnuje především aktivitu a iniciativu všech osob podílejících se na výrobě. Při racionalizaci je nezbytné si nejprve správně pozorování připravit, provést vlastní pozorování, měření a údaje zaznamenávat. Následuje jejich vyhodnocení a poté vypracování technickoorganizačních návrhů.

V teoretické části se tato bakalářská práce bude zabývat nejprve obecným popisem soustružení, technologií soustružení velkých sérií, výhodami a nevýhodami. Budou zde také charakterizovány poloautomaty, automaty, dlouhotočné CNC soustruhy a vícevřetenový soustružnický automat.

Aktuálně řešený problém je důležitý pro každého podnikatele, který chce dosáhnout zisku - vznikem příjmů a výnosů. Díky správné racionalizaci můžeme docílit zvýšení produktivity. Vyvodíme nebo navrhujeme případné postupy, které ustálí a zefektivní výrobu. V našem případě, jsme pomocí pozorování a experimentálního zkoušení zjistili opotřebení břitů a dobu do následné výměny nástrojů. Všechna tato zmiňovaná zjištění jsou zejména výhodná i pro samotného pracovníka, který stroj obsluhuje.

Hlavní přínos této práce spočívá v nastínění možností a efektů provádění komplexního racionalizačního zlepšení ve výrobě. Cílem těchto aktivit přesto není samotná aplikace metod, nýbrž dosažení konkrétních výsledků v podobě skutečných úspor a prokazatelných zlepšení.

Stručná charakteristika konkrétních zlepšení a postupů bude provedena v praktické části třetí kapitoly. Zaměří se na vrtání čelních a příčných děr, stanovení počtu a délky úběrů při soustružení hrubovacím a dokončovacím nožem, řezání vnějšího závitu závitovým nožem, volbou nástrojů a stanovení řezných podmínek. Bude zde stanovena výměna břitové destičky na základě opotřebení břitu a vytvořen návrh technologie výroby.

Poslední část práce obsahuje technickoekonomické zhodnocení, jde o stanovení nákladů potřebných k výrobě zadané součásti dle navrženého technologického postupu, určení prodejní ceny součásti při dosažení požadovaného zisku při stanoveném výrobním množství. Je vypočítán

i bod zvratu, který určuje, při jakém vyráběném množství se vyplatí daná součást vyrábět. Pro výpočet jsou použity informace z praxe. V technickoekonomickém zhodnocení jsou uvedeny mé výsledky racionalizace výroby.

Naše schopnosti musíme využít ke snížení nákladů na výrobky. I přes rostoucí průměrné mzdy mohou jít celkové náklady na výrobu dolů, ale musíme naplno využít náš intelekt, musíme racionalizovat a optimalizovat výrobní procesy lépe než naši konkurenti.

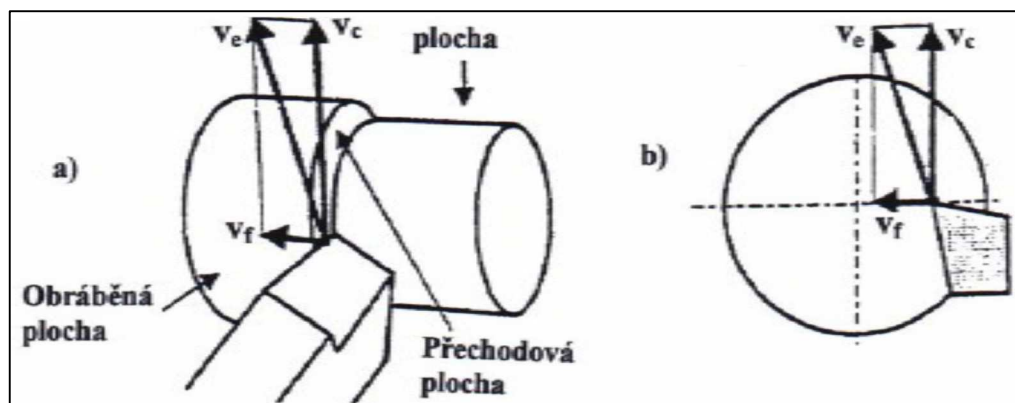
2. TECHNOLOGIE SOUSTRUŽENÍ VELKÝCH SÉRIÍ

2.1. Soustružení

Soustružení patří mezi klasické metody třískového obrábění pro výrobu součástí převážně rotačních tvarů, zejména pomocí jednobřitých nástrojů různého provedení – soustružnických nožů. V dnešní době představuje nejjednodušší a jeden z nejpoužívanějších způsobů třískového obrábění (na klasických soustruzích se provádí 30 - 40% veškerých prací). Téměř každá firma využívá tuto technologii jako podpůrného prostředku k její vlastní výrobě. Je to dáno velkou rozmanitostí možných tvarů obrobených ploch i různým konstrukčním řešením samotných soustruhů dle požadavku na konečný obrobek. ^{[1], [5]}

U této metody jsou dva pohyby: hlavní a posuvový. Hlavní řezný pohyb (v_c) koná obrobek. Jedná se o pohyb rotační. Posuvový pohyb (v_f) koná nástroj a jedná se o pohyb přímočarý. Soustružíme vnější a vnitřní válcové plochy, vnější a vnitřní kuželové plochy, tvarové plochy i plochy obecné (soudkovité, vačky). Na soustruzích lze rovněž vrtat, řezat závity, vyvrtávat, kopírovat tvary podle šablony, za určitých podmínek lze frézovat i brousit. Lze obrábět součásti od hmotnosti několika miligramů až po několik tun. ^[1]

Při soustružení, dochází k odřezávání přebytečné vrstvy (přídavku na obrábění) řeznou částí nástroje s definovanou geometrií ve formě třísky. Aby došlo k oddělení třísky od polotovaru, musí mít činná část nástroje klínový břit, který je tvrdší než obráběný materiál. Obrobený povrch získává postupně požadovaný tvar, rozměr, drsnost i některé mechanické vlastnosti. ^[1]



Obr. 2.1 Druhy soustružení a) podélné soustružení, b) čelní soustružení ^[1]

2.1.1. Řezné podmínky

- **Řezná rychlost** – je rychlost hlavního řezného pohybu a definujeme ji jako obvodovou rychlost měřenou na obráběné ploše. Řezná rychlost závisí na materiálu obrobku, materiálu břitu soustružnického nože, velikosti posuvu, trvanlivosti břitu nástroje, úhlu nastavení nože,

úhlu břítu nástroje, druhu chlazení a mazání, tuhosti a přesnosti obráběcího stroje. Můžeme zvolit různé řezné rychlosti – pokud zvolíme velkou rychlost, zkrátíme dobu výroby, avšak nástroj se rychle otupí a musíme jej často ostřit. ^[1]

Výpočet obvodové rychlosti:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [m/min]$$

kde: D – průměr obráběné plochy [mm]

n – počet otáček vřetene [min⁻¹]

- **Posuv** – je dráha, kterou vykoná nástroj za jednu otáčku obrobku. Při hrubování je jeho hodnota 0,4 až 3,5 mm, při dokončovacích operacích 0,06 až 0,3 mm a při jemném soustružení 0,03 až 0,05 mm. ^[1]

Výpočet posuvové rychlosti:

$$v_f = f \cdot n \quad [mm/min^{-1}]$$

kde: f – posuv na otáčku [mm]

n – počet otáček vřetene [min⁻¹]

- **Hloubka řezu a_p** - je tloušťka vrstvy kovu, kterou nůž ubere při jednom záběru. Na její velikost má vliv úhel nastavení nástroje. Hloubka řezu se pohybuje od několika desetin mm až po několik mm. Nejmenší hloubka řezu je určena poloměrem špičky nože. ^[1]

2.2. Velkosériová a hromadná výroba

Velkosériová a hromadná výroba umožňuje dosáhnout vysokých výkonů v obrábění, zvyšuje produktivitu, přesnost výrobků, snižuje chyby člověka a výrobní náklady na jednu součást. Stejně pracovní úkony se zde mnohonásobně opakují, je možné je rozdělit na jednotlivé úseky a každý z nich důsledným propracováním zdokonalit a urychlit. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady (koupě strojů), vyšší seřizovací časy a nastane-li v procesu chyba, jsou potenciálně zasaženy všechny výrobky.

Pro správnou volbu obráběcího stroje musíme přihlížet zejména k produktivitě a hospodárnosti výroby, kterou bude obráběcí stroj realizovat.

Činitelé ovlivňující volbu obráběcího stroje:

- druh obrábění (soustružení, frézování, vrtání apod.),
- počet obráběných součástí,
- rozměry pracovního prostoru stroje,
- rozsah řezných podmínek,

- skutečný výkon obráběcího stroje,
- přesnost a tuhost obráběcího stroje,
- stupeň složitosti a obtížnosti obráběcího stroje
- stupeň využití pracovního času obráběcího stroje (jeho časové využití),
- stupeň využití výrobních možností obráběcího stroje
- cena obráběcího stroje
- specifické podmínky dané součástí, popřípadě obráběcího stroje. ^[3]

2.3. Stroje pro velkosériovou výrobu

2.3.1. Poloautomatické soustruhy

Používají se k výrobě středních a velkých sérií. Mají automatický pracovní cyklus nástrojů s použitím křivkových kotoučů, kopírovacích systémů, či aplikací CNC. K opakování cyklu je nutný zásah obsluhy.

Dělení:

- *Hrotové poloautomatické soustruhy* – používáme při obrábění krátkých přírubových součástí, mívají dva až tři suporty, které se pohybují současně. ^[11]
- *Sklíčidlové poloautomatické soustruhy* – obrobek upínáme letmo do sklíčidla, soustruh je vybaven programovým řízením. ^[11]
- *Několikavřetenové poloautomaty* – slouží k sériové a hromadné výrobě strojních součástí z kusových polotovarů, výkovků, odlitků, vylisků. Mívají čtyři až osm vřeten.

Obrábějí více součástí současně, po dokončení jedné operace se buben s vřeteny pootočí o jednu rozteč do další pracovní polohy. Jedna poloha vřetene slouží pro upínání a odepínání obrobků. ^[11]

2.3.2. Automatické soustruhy

Automatické soustruhy se používají k obrábění složitých rotačních součástí nejčastěji z tyčového materiálu ve velkosériové a hromadné výrobě. Celý pracovní cyklus včetně výměny nástrojů, podávání a upínání materiálu je automatizován. Jejich příslušenství umožňuje dokončení součásti i pomocí nesoustružnických operací jako je frézování drážek, vrtání děr kolmých k ose, ražení vnitřních tvarů a obrážení vnějších drážek.

K těmto soustruhům musíme instalovat základací zařízení pro obrobky (tyčové podavače) a také odebírací zařízení na hotové výrobky (dopravníkové pásy). ^[11]

Obecné informace o CNC soustruzích

CNC soustruhy (Computer Numerical Control) patří k extrémně výkonným počítačem řízeným strojům. Ovládání je prováděno řídicím systémem pomocí vytvořeného programu. Řídicí systém zpracovává informace o pohybech nástrojů a obrobků, o jejich aktuální rychlosti, o spouštění či zastavení pomocných funkcí apod. Obsluha zadává potřebný pracovní cyklus přímo do CNC stroje přes uživatelské rozhraní pomocí klávesnice.

Pořizovací náklady jsou vysoké a je nutno obrábět velké množství obrobků, aby se vyplatilo jejich pořízení. Dále je nutná znalost specifického programování, což vede k částečné ztrátě flexibility při používání. [6]

Schopnost NC stroje závisí na počtu os, ve kterých je stroj schopen operovat. Nejvyspělejší NC stroje umožňují lineární pohyb ve všech třech směrech, včetně rotací kolem tří os (systémy s pohybem v šesti osách).

CNC dlouhotočný automat CITIZEN Cincom A20-VII 2F7PL

Hlavními výhodami tohoto stroje jsou tuhost, vysoká přesnost výroby a její opakovatelnost, jednoduché odladění programu, krátké neproduktivní časy, a tím dosažená vysoká produktivita. Je vhodný i pro těžké obrábění. [7]

Je určen pro obrábění malých součástí do průměru 20mm a délky 110cm. Jeho obráběná délka na jedno upnutí je 80mm. Pro výrobu delších dílů (200mm i více) ho lze dovybavit přídatným zařízením, skrz které procházejí hotové díly. Vhodný pro použití od kusové výroby složitých tvarových dílců až po výrobu středních a vysokých sérií (od 50 – 15 000ks v dávce až po 550 000 ks za rok).

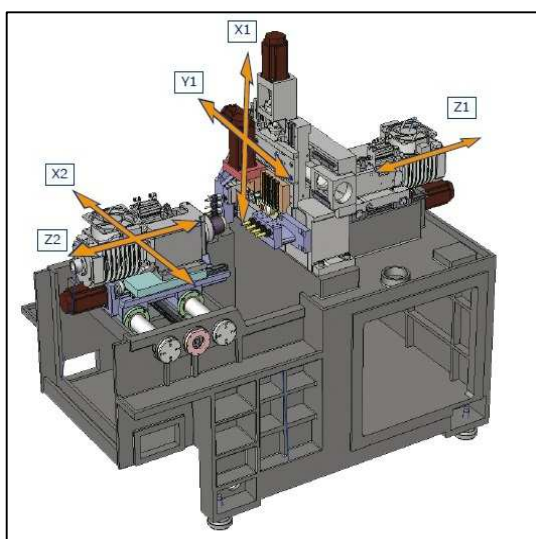
Nevýhody – vyšší pořizovací cena



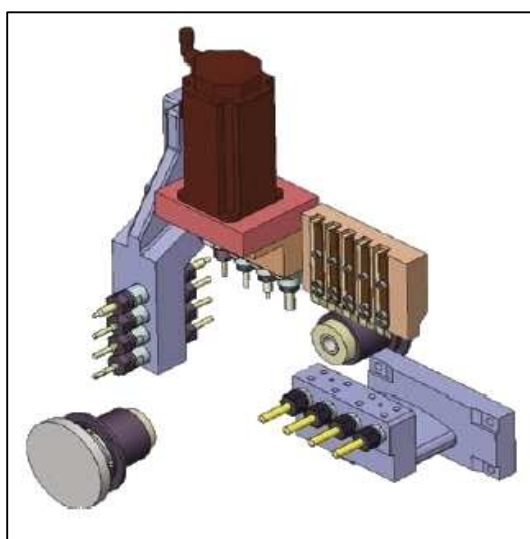
Obr. 2.2 CITIZEN Cincom A20-VII 2F7PL

Souhrn funkcí:

- sedm os (X1, Y1, Z1, X2, Z2, C1, C2)
- primární vřeteno, sekundární vřeteno a poháněné nástroje s max. otáčkami 8 000 min⁻¹
- rychloposuv 32 m / min
- simultánní obrábění
- až 21 nástrojů – 5 soustružnických nástrojů
 - 4 poháněné nástroje
 - 4 vrtací nástroje pro přední koncové obrábění
 - 8 vrtacích nebo soustružnických nástrojů pro zadní obrábění ^[7]



Obr. 2.3 Souřadný systém CITIZENU ^[7]



Obr. 2.4 Pracovní prostor CITIZENU ^[7]

Automat je vybaven tří – metrovým tyčovým podavačem LNS EXPRESS-220.



Obr. 2.5 LNS EXPRESS-220 ^[13]

CNC dlouhotočný automat MAURHIN K'MX 413

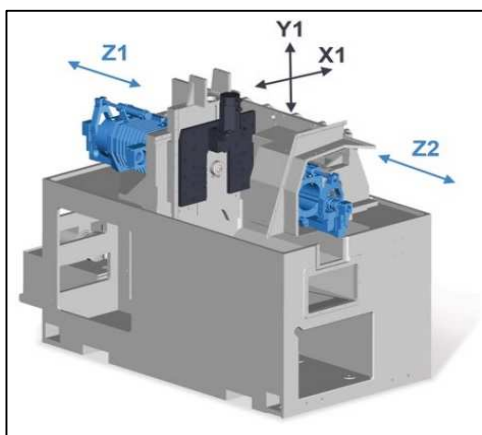
Dlouhotočný automat MANURHIN K'MX 413 je určen pro obrábění malých součástí v rozsahu \varnothing 2-16 mm. Jedná se o vysoce dynamický stroj, vynikající v porovnání s CNC revolverovými soustruhy svou bezkonkurenční produktivitou. Stroj dále vyniká vysokou

přesností obrábění a dosahovanou kvalitou opracovaného povrchu. Lehká kinematika a poslední generace CNC zajišťují jednoduché a rychlé programování redukující čas potřebný pro seřizování. Se 2 elektrovřeteny, 3 poháněnými nástroji, C-osou a až 12 pevnými nástroji je K'MX 413 schopen obrábět i složité dílce. ^[9]

Vhodný rovněž pro použití od kusové výroby složitých tvarových dílců až po výrobu středních a vysokých sérií.



Obr. 2.6 Dlouhotočný CNC automat K'MX 413 ^[13]



Obr. 2.7 Kinematika stroje K'MX413 ^[14]



Obr. 2.8 Pracovní prostor K'MX413

CNC šesti vřetenový automat MORI-SAY 642AC

Je vícevřetenový obráběcí soustružnický stroj s horizontální osou otáčení vřetenového bubnu. Stroj umožňuje automatické, vysoce produktivní a komplexní obrábění převážně rotačních součástí z tyčového materiálu i z polotovarů jako jsou přesné odlitky a výkovky. ^[15]

Stroj spojuje výhody vysoké produktivity vačkových vícevřetenových automatů a komplexního obrábění součástí na standardních soustružnických obráběcích centrech při minimalizaci nároků na zastavěnou plochu. ^[15]

Po dodatečné montáži zvláštního příslušenství může stroj vyrábět i dvě různé jednoduché součásti - pracuje jako dvakrát třívřetenový. ^[15]

Oproti výše zmiňovaným CNC dlouhotočům, má díky většímu počtu vřeten 6 krát rychlejší výrobu součástí. Výhodný pro hromadnou výrobu od 90 000ks v dávce až po 1 mil. ks za rok)

Nevýhoda – až 6x dražší než dlouhotočné CNC automaty

– delší čas na seřízení

Technické parametry:

počet vřeten	6
max. průměr tyče	42 mm
max. rozměr 6hr	36 mm
největší délka tyčí	4 000 mm
max. délka podání tyčového materiálu	125 mm
otáčky vřeten AC	250 - 4 250 min ⁻¹
hlavní elektromotor	22 kW
ztrátový čas	1 - 1,3 s ^[16]



Obr. 2.9 Vícevřetenový soustružnický automat MORI-SAY 642AC ^[16]

3. NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY VYBRANÉHO DÍLCE

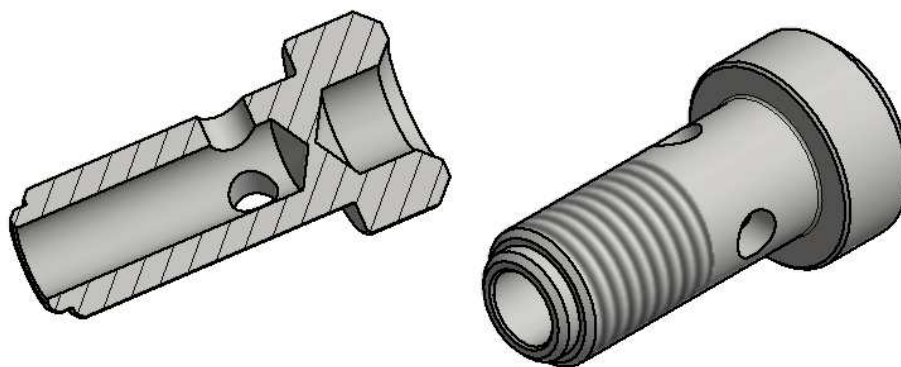
3.1. Základní informace o vyráběné součásti

Název součásti: Šroub M10x1 (polotovar)

Funkce součásti: přívodní spojovací šroub oleje v automobilu

Velikost výrobní série: 10 000 ks/měsíc

Výkresová dokumentace: viz příloha



Obr. 3.1 Model šroubu vytvořen v programu Autodesk Inventor Professional 2016



Obr. 3.2 Vyrobený šroub

3.2. Materiál součásti

Součást je vyrobena z oceli 15 142.3 (42CRMO4+A+C). Jedná se o nízkolegovanou ušlechtilou chrom - molybdenovou ocel k zušlechťování.

Ocel s vyšší prokalitelností pro výše namáhané strojní díly. Po zakalení dosahuje tvrdosti přibližně 58 HRC. Do průměru 100 mm lze po zušlechtění docílit pevností nad 1000 MPa při ještě dostatečné houževnatosti. Není náchylná k popouštění křehkosti. Kalí se do méně razantního kalicího prostředí, poněvadž je náchylná ke vzniku kalicích trhlin v místech s vrubovým účinkem nebo povrchových vad. V kaleném stavu dobře odolává opotřebení. Patří k nejčastěji používané oceli k zušlechťování.

Užívá se na velmi namáhané strojní součásti a součásti silničních motorových vozidel, kde se požaduje při vysoké pevnosti i vyšší houževnatosti, zejména hřídele a spojovací součásti. Obrábí se ve stavu žíhaném na měkko. Při nižších pevnostech lze obrábět i ve stavu zušlechtném. ^[17]

Mechanické vlastnosti a chemické složení jsou uvedeny v tab. 3.1 a v tab. 3.2.

Tab. 3.1 Mechanické vlastnosti v žíhaném stavu

R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	Tažnost A ₅ [%]
643	577	15

Tab. 3.2 Chemické vlastnosti

C [%]	Mn [%]	Si [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	N [%]	Mo [%]
0,41	0,65	0,28	0,012	0,01	1,01	0,0074	0,189

3.3. Volba pracovního stroje

Pro výrobu součásti je technicky i ekonomicky výhodné použít 4osý nebo 5osý CNC dlouhotočný automat popřípadě vícevřetenový soustružnický automat.

V dané firmě jsou dvě možnosti volby stroje MANURHIN K'MX 413 a Citizen Cincom A20. Zvolil jsem pracovní stroj **CITIZEN Cincom A20 2F7PL**, který má 5os a dvě na sebe nezávislá vřetena. Na primárním vřetenu obrobíme válcové plochy a křížné díry. Při přechycení a upíchnutí součásti simultánně dokončíme zbylé operace na sekundárním vřetenu. Přesnější popis stroje a fotografie jsou obsaženy v kapitole č. 2.



Obr. 3.3 CITIZEN Cincom A20-VII 2F7PL

3.4. Použité řezné nástroje

3.4.1. Vrtací operace

Tab. 3. 3 Karbidové vrtáky bez vnitřního chlazení

Nástroj	Označení	vc [m/min]	f _n [mm]
Ø 3,5 TK VRT 3D YG1	DH423035	110	0,125
Ø 5,5 TK VRT 3D YG1	DH423055	110	0,125
Ø 6,6 TK VRT 3D YG1	DH423066	110	0,16

Aplikace:

Vrtání do obecné uhlíkové oceli, lité oceli, litiny, tvrzené litiny, tvárné litiny, neželezných těžkých kovů, neželezných lehkých kovů, abrazivního plastu.

Výhody:

- Samo vystřed'ující – není nutné předvrtání
- Speciální provedení – není nutné vystružování
- Dobrý odvod třísky
- Výkonné vrtání



Obr. 3.4 Doplňkové informace karbidových vrtáků

Tab. 3.4 Krátké vrtáky a záhlubníky

Nástroj	Označení	vc [m/min]	f _n [mm]
Ø 5,5	5,5mmDIN1897 HSSCo5%, 118°	25	0,1
Ø 10,0	10.0mmDIN1897 HSSCo5%, 90°	25	0,2
Ø 10,0	Záhlubník tříbřitý 90°, HSSE	10 – 18	0,05 – 0,07

Vrták je vyroben z HSS Co 5% - rychlořezné oceli s obsahem 5 % kobaltu, díky čemuž je vrták odolný proti vysokým teplotám, které vznikají při vrtání. Je vhodný pro vrtání nerezových, žáropevných, nelegovaných i legovaných ocelí do pevnosti v tahu 1200 MPa, mosazi, bronzu, hliníku a jeho slitin.

Díky samo středící špičce je vrták při navrtávání stabilnější a "netančí" po materiálu. ^[17]

3.4.2. Soustružnické operace

- Hrubování

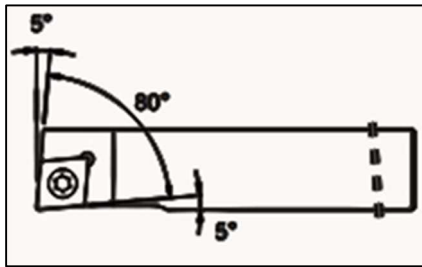
Držák – SCLCR-1212G09 (Applitec)

Břitová destička - CCMT09T304E-FM, materiál destičky T9325 (PRAMET)

- Jedná se o CVD povlak, jednotlivé vrstvy jsou nanášeny chemicky (Al₂O₃, TiCN), v silnější vrstvě přes 10μm. Kombinace tlustého povlaku

v kombinaci tvrdého podkladu zaručují minimální opotřebení a vysokou spolehlivost břítu. Oblast využití je hlavně v oblasti P20-P30, stabilnější podmínky (lineární tříska, méně přerušované řezy).

- hlavní úhel břítu nástroje 7°
- tvar „C“ úhel břítu 80° , $r = 0,4\text{mm}$
- doporučené řezné podmínky: $v_c = 195 - 285\text{m/min}$
 $f_n = 0,15 - 0,3\text{mm/ot.}$
 $a_p = 0,4 - 3,0\text{mm}$



Obr. 3.5 Držák SCLCR-1212G09^[18]



Obr. 3.6 CCMT09T304E-FM

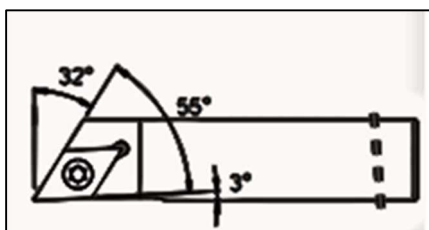
• Dokončování

Držák – SDJCR-1212X-11 (Applitec)

Břítová destička – DCMT11T302E-UR, materiál destičky T8330 (PRAMET)

- Jedná se o PVD povlak, jednotlivé vrstvy jsou nanášeny fyzikálně (Tin, TiAlN), ve vrstvě do $4\mu\text{m}$. Kombinace povlaku a houževnatějšího podkladu s vyšším obsahem cobaltu zaručují vysokou spolehlivost břítu i při nízkých řezných rychlostech. Oblast využití je hlavně v oblasti P20-P35, M20-M40, S20-S35. Zvládá stabilní i méně stabilní podmínky (lineární tříska i přerušované řezy)

- tvar „D“ úhel břítu 55° , $r = 0,2\text{mm}$
- doporučené řezné podmínky: $v_c = 100 - 160 [\text{m/min}]$
 $f_n = 0,08 - 0,24 [\text{mm}]$
 $a_p = 0,2 - 2,0 [\text{mm}]$



Obr. 3.7 Držák SDJCR-1212X-11^[18]

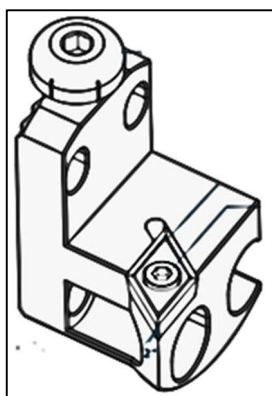


Obr. 3.8 DCMT11T304E-UR

Držák – GRAF R14 (Graf)

Břitová destička – DCMT11T304E-UR, materiál destičky T8330 (PRAMET)

- Jedná se o PVD povlak, jednotlivé vrstvy jsou nanášeny fyzikálně (Tin, TiAlN), ve vrstvě do 4μm. Kombinace povlaku a houževnatějšího podkladu s vyšším obsahem cobaltu zaručují vysokou spolehlivost bříty i při nízkých řezných rychlostech. Oblast využití je hlavně v oblasti P20-P35, M20-M40, S20-S35. Zvládá stabilní i méně stabilní podmínky (lineární tříska i přerušované řezy)
- tvar „D“ úhel bříty 55°, r = 0,4mm
- doporučené řezné podmínky: $v_c = 100 - 160$ [m/min]
 $f_n = 0,08 - 0,24$ [mm]
 $a_p = 0,4 - 2,0$ [mm]



Obr. 3.9 Držák GRAF R14 ^[19]



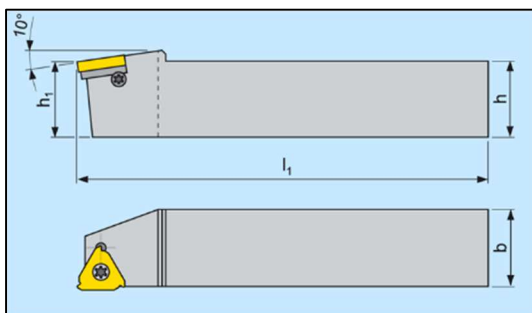
Obr. 3.10 DCMT11T304E-UR

• Závítování

Držák – SER 2020 K16 – upravený (PRAMET)

Břitová destička – TN 16ER100M, materiál destičky T8030 (PRAMET)

- Jedná se o PVD povlak, jednotlivé vrstvy jsou nanášeny fyzikálně (Tin, TiAlN), ve vrstvě do 4μm. Kombinace povlaku a houževnatějšího podkladu s vyšším obsahem cobaltu zaručují vysokou spolehlivost bříty i při nízkých řezných rychlostech. Oblast využití je hlavně v oblasti P20-P35, M20-M40, S20-S35. Zvládá stabilní i méně stabilní podmínky (lineární tříska i přerušované řezy)
- doporučené řezné podmínky: $v_c = 135 - 165$ m/min



Obr. 3.11 Držák SER 2020 K16



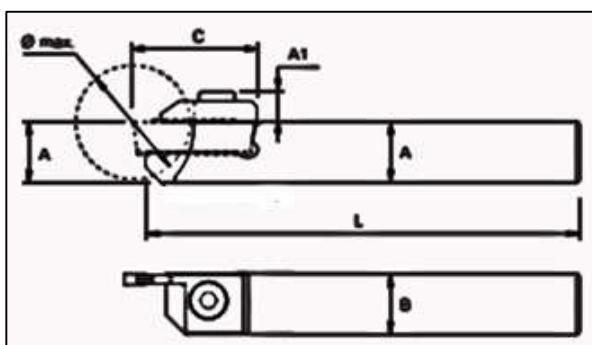
Obr. 3.12 TN 16ER100M

- Úpich

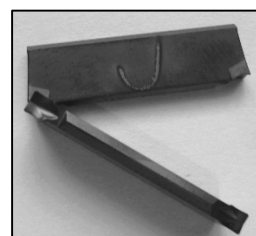
Držák – CUT22H1616L (Applitec)

Břitová destička – CUT22-UN-002-TiALN (Applitec)

- Šířka destičky 2,2mm, $r = 0,2\text{mm}$.
- Jedná se o PVD povlak, univerzální použití dobrá odolnost proti nárazu. Využití pro obrábění ocelí, ušlechtilých ocelí a titanových slitin v nepříznivých podmínkách obrábění.
- doporučené řezné podmínky: $v_C = 60 - 120 \text{ [m/min]}$
 $f_n = 0,04 - 0,08 \text{ [mm]}$



Obr. 3.13 Držák CUT22H1616L ^[21]

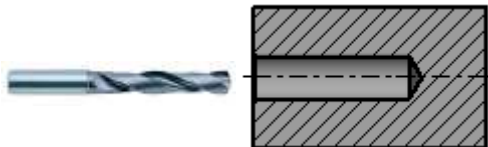
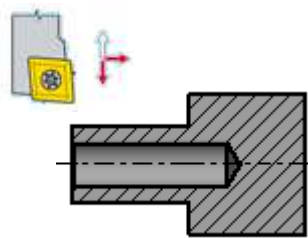
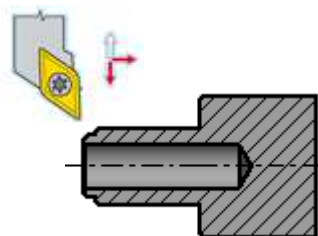


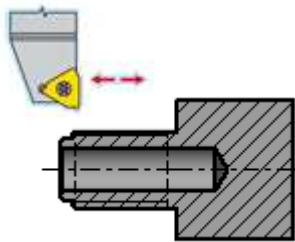
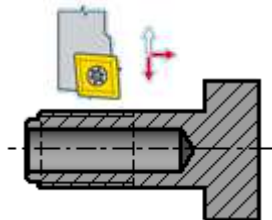
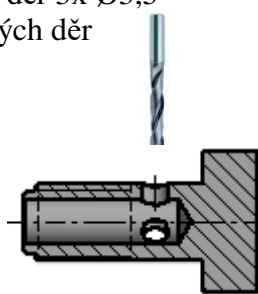
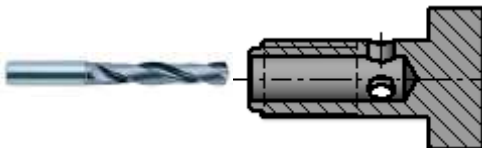
Obr. 3.14 CUT22-UN-002-TiALN

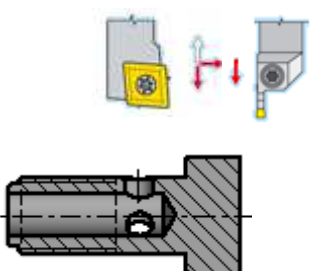
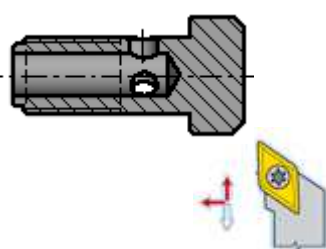
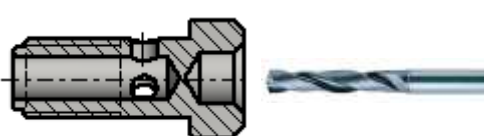
3.5. Rámcový technologický postup

- a) Vrtání a odjehlení díry Ø5,5
- b) Soustružení průměru na závit
- c) Soustružení závitu M10x1-6g
- d) Soustružení Ø 9,9
- e) Vrtání a odjehlení křížných děr Ø3,5
- f) Soustružení Ø 15
- g) Úpich
- h) Soustružení čela
- i) Vrtání a odjehlení díry Ø6,6
- j) Ruční odjehlování (čištění děr), omílání.
- k) Kontrola – měření, vystavení měřicího protokolu
- l) Balení
- m) Expedice

3.6. Vypracovaný technologický postup

Výrobní postup:		Název součásti: ŠROUB M10x1		Listů: 3	List: 1/1			
Materiál: 15 142.3		Polotovar – součásti: Ø 18 -1000 ČSN 425510.11		Č. výkresu: 1				
Hmotnost hrubá: 0,066 kg		Hmotnost čistá: 0,0159kg		Třída odpadu: 001				
				Výrobní dávka:10000				
OPERACE	POPIS PRÁCE VYOBRAZENÍ	nástroje pomůcky měřidla	Výrobní podmínky:					
PRACOVISTĚ			f _{ot} /f _z [mm]	a _p [mm]	i	v _c [m • min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	t [min]
1/1 Soustruh CITIZEN CINCOM A20	- Vrtání díry Ø5,5 - 20mm - Odjehlení díry 	Kleština: ER16 Vrták: DH423055 Záhlubník: Ø10 HSS 3břitý, 90°	0,1 0,07	- -	2 1	88 47	5100 1500	0,08 0,02
1/2 Soustruh CITIZEN CINCOM A20	Soustružení: - soustružit Ø9,8 do délky 12mm - soustružit Ø9,9 do délky 15mm 	Držák: SCLCR-1212G09 Břitová destička: CCMT09T304E- FM:T9325 Posuvné měřidlo: MarCal 16ER DIN862	0,18	2	2	170	5470	0,03
1/3 Soustruh CITIZEN CINCOM A20	Soustružení: - soustružit Ø8,0 do délky 1,5mm, srazit hrany 0,5x45° 	Držák: SDJCR-1212X-11 Břitová destička: DCMT 11T302E- UR:T8330 Posuvné měřidlo: MarCal 16ER DIN862	0,1	0,9	1	146	5800	0,01

1/4 Soustruh CITIZEN CINCOM A20	Soustružení: - soustružit závit M10x1-6g do délky 12mm 	Držák: SER 2020 K16 Břitová destička: TN16ER100M:T8 030 Posuvné měřidlo: MarCal 16ER DIN862 Kalibr: M10x1-6g	1,0	-	5	99	3200	0,04
1/5 Soustruh CITIZEN CINCOM A20	Soustružení: - soustružit Ø9,9 do délky 23mm 	Držák: SCLCR-1212G09 Břitová destička: CCMT09T304E-FM:T9325 Posuvné měřidlo: MarCal 16ER DIN862	0,18	2	2	170	5470	0,04
1/6 Soustruh CITIZEN CINCOM A20	- Vrtání křížných děr 3x Ø3,5 - Odjehlení křížných děr 	Kleština: ER16 Vrták: DH423035 Záhlubník: Ø10 HSS 3břítý, 90°	0,08 0,06	- -	3 3	55 -	5000 1000	0,06 0,1
1/7 Soustruh CITIZEN CINCOM A20	- Odjehlení díry Ø5,5 	Kleština: ER16 Vrták: Ø 5,5 HSSco	0,16	-	1	35	2000	0,06

1/8 Soustruh CITIZEN CINCOM A20	<p>Soustružení: - soustružení Ø15 do délky 31mm - Úpich v délce 30mm</p> 	<p>Držák: SCLCR-1212G09 CUT22-H1616L</p> <p>Břitová destička: CCMT09T304E-FM:T9325 CUT22-UN-002-TiALN</p> <p>Posuvné měřidlo: MarCal 16ER DIN862</p>	0,18	1,5	1	170	3600	0,02
1/9 Soustruh CITIZEN CINCOM A20	<p>Soustružení: - soustružit čelo a srazit hranu 1,5x45°</p> 	<p>Držák: GRAF R14</p> <p>Břitová destička: DCMT 11T304E-UR:T8330</p> <p>Posuvné měřidlo: MarCal 16ER DIN862</p>	0,07	-	-	132	2800	0,05
1/10 Soustruh CITIZEN CINCOM A20	<p>- Vrtání díry Ø6,6 – 5,8mm - sražení díry 1,4x45°</p> 	<p>Vrták: DH423066 Ø 10 HSSCo - 90°</p>	0,08 0,03	- -	1 1	71 44	3400 1400	0,04 0,04
2/1 Dílňa	<p>- Oplach součástí - Odjehlení otřepů</p>							0,03 0,36
3/1 RMO 180/530 TE-30	<p>- Omílání</p>							0,05
4/1 Dílňa	<p>- Oplach součástí</p>							0,03
4/2 Dílňa	<p>- Ofoukání součástí</p>							0,05

5/1 Kontrola	- Kontrolovat rozměry dle TD - Vystavit měřicí protokol	Posuvné měřidlo: MarCal 16ER DIN862 Kalibr: M10x1-6g						
6/1 Expedice	- Balit součásti							
6/2 Expedice	- Expedovat							

3.7. Vytvořený NC program

Viz. příloha.

3.8. Stanovení výměny břitové destičky

Dle pracovních zkušeností byla stanovena plánovaná výměna břitu destičky CCMT09T304E-FM, T9325 po 500 kusech a míra opotřebení hřbetu na 0,2mm. Při obrábění více kusů než bylo stanoveno, se začala tvořit dlouhá souvislá tříska, která měla nepříznivý vliv při následném obrábění.

Řezné podmínky $v_c = 170$ [m/min], $f_n = 0,18$ [mm]

Kontrolní měření opotřebení na čele a hřbetu břitové destičky bylo provedeno pomocí měřicího přístroje MITUTOYO – PJ A3000.

Tab. 3.4 Opotřebení břitové destičky CCMT09T304E-FM, T9325

Destička	na čele [mm]	na hřbetu [mm]	Vyrobené kusy
1	0,050	0,150	470
2	0,036	0,193	500
3	0,032	0,160	430
4	0,059	0,254	680
5	0,039	0,144	410
6	0,044	0,213	510
7	0,048	0,216	560
průměr	0,044	0,190	509

Z naměřených hodnot vyplývá, že průměrná hodnota opotřebení na hřbetě nástroje je 0,19mm.



Obr. 3.15 Opotřebení na hřbetu

4. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Úkolem technicko-ekonomického hodnocení je stanovení nákladů potřebných k výrobě zadané součásti dle navrženého technologického postupu, určení prodejní ceny součásti při dosažení požadovaného zisku a stanovení výrobního množství, které je nutno vyrobit pro generaci zisku. Pro výpočet je použito dostupných informací z internetu, případně jsou stanoveny odborným odhadem. Ekonomické zhodnocení je provedeno formou předběžné kalkulace, proto je třeba provedené výpočty chápat pouze jako orientační. ^[10]

Vstupní hodnoty:

Velikost výrobní série: $Q_s = 10\,000$ ks

Polotovar: Ø18h9 – 1000, mat. 15 142.3

Výpočet počtu kusů z jednoho polotovaru (délky 1m):

$$n_1 = \frac{l - l_z}{l_s + \check{S}_{\text{úpich}}} = \frac{1000 - 270}{30 + 2,2} = 22,67 \doteq 22 \text{ ks}$$

kde: n_1 – počet kusů z jednoho polotovaru [ks]

l – délka polotovaru [mm]

l_z – délka zbytku tyče [mm]

l_s – délka vyráběné součásti [mm]

$\check{S}_{\text{úpich}}$ – šířka upichovacího nože [mm]

Výpočet počtu tyčí pro výrobní sérii:

$$n_t = \frac{Q_s}{n_1} \cdot \mu = \frac{10000}{22} \cdot 1,05 = 477,3 \doteq 488 \text{ ks}$$

kde: μ – koeficient pro zmetkovitost [%]

Výpočet hmotnosti pro výrobní sérii:

$$m = n_t \cdot m_t = 488 \cdot 1,988 = 975 \text{ kg}$$

kde: m_t – hmotnost jedné tyče [kg]

4.1. Přímé náklady

4.1.1. Náklady na materiál

Materiál byl dodán firmou, poptávající výrobu součásti, tudíž náklady na materiál jsou v našem případě nulové.

$$N_{mat} = 0 \text{ Kč}$$

4.1.2. Náklady na mzdy

Náklady na obsluhu CNC stroje:

Průměrná hodinová mzda pracovníka na obsluhu CNC soustruhu

$$H_{m.Ob1} = 123 \text{ Kč/hod}$$

Výpočet celkového času obsluhy t_{ob1} :

$$t_{ob1} = \frac{t_1}{Q_s} + \left(\frac{Q_s}{k} \cdot t_2 \right) + t_3 = \frac{240}{10000} + \left(\frac{10000}{25} \cdot 6 \right) + 200 = 2600,024 \text{ min} = 43,34 \text{ hod}$$

kde: t_1 – čas na prvotní nastavení stroje, upnutí nástrojů, seřízení [min]

t_2 – čas na pravidelnou kontrolu součástí, doplnění materiálu [min]

t_3 – čas na pravidelnou výměnu nástrojů a čištění stroje [min]

k – určená pravidelná kontrola po několika kusech [ks]

$$N_{ob1} = t_{ob1} \cdot H_{m.Ob1} = 43,34 \cdot 123 = 5\,330,05 \text{ Kč}$$

Náklady na obsluhu pro ruční čištění:

Tyto náklady zahrnují 2x oplach, ruční odjehlování a ofoukání součástí. Hodinová mzda pracovníka je 80 Kč/hod.

$$H_{m.Ob2} = 80 \text{ Kč/hod}$$

Výpočet celkového času obsluhy t_{ob2} :

$$t_{ob2} = (2 \cdot t_4 + t_5 + t_6) \cdot Q_s = (2 \cdot 2 + 22,5 + 3) \cdot 10000 = 295000 \text{ sec} \doteq 82 \text{ hod}$$

kde: t_4 – čas na oplach jedné součásti [sec]

t_5 – čas na odjehlení součásti [sec]

t_6 – čas na ofoukání součásti [sec]

$$N_{ob2} = t_{ob2} \cdot H_{m.Ob2} = 82 \cdot 80 = 6\,560 \text{ Kč}$$

Náklady na obsluhu omílacího zařízení:

Hodinová mzda pracovníka na obsluhu omílacího zařízení je 80 Kč/hod.

$$H_{m.Ob3} = 80 \text{ Kč/hod}$$

Výpočet celkového času obsluhy t_{ob3} :

$$t_{ob3} = \frac{Q_s}{x} \cdot t_7 = \frac{10000}{400} \cdot 6 = 150 \text{ min} \doteq 2,5 \text{ hod}$$

kde: t_7 – čas na omílání jedné dávky [min]

x – omílací dávka [ks]

$$N_{ob3} = t_{ob3} \cdot H_{m.ob3} = 2,5 \cdot 80 = 200 K\check{c}$$

Celkové náklady na mzdy:

$$N_{CELK.MZDY} = N_{ob1} + N_{ob2} + N_{ob3}$$

$$N_{CELK.MZDY} = 5330,05 + 6560 + 200$$

$$N_{CELK.MZDY} = 12\,090,05 K\check{c}$$

4.1.3. Náklady na strojní vybavení

Náklady na provoz CNC soustruhu:

Strojní hodinová sazba dlouhotočného automatu Citizen Cincom A20 je 362 Kč/hod.

$$H_{m.CNC} = 362 K\check{c}/hod$$

$$N_{CNC} = Q_s \cdot \left(\frac{H_{m.CNC}}{3600} \cdot t_s \right) = 10000 \cdot \left(\frac{362}{3600} \cdot 51 \right) = 51\,283,3 K\check{c}$$

kde: t_s – výrobní čas jedné soustružené součásti [sec]

Náklady na provoz omílačky:

Strojní hodinová sazba omílačky je 126 Kč/hod.

$$H_{m.omíl.} = 126 K\check{c}/hod$$

$$N_{omíl.} = Q_s \cdot \left(\frac{H_{m.omíl.}}{3600} \cdot t_o \right) = 10000 \cdot \left(\frac{126}{3600} \cdot 3 \right) = 1\,050 k\check{c}$$

kde: t_o – omílací čas jedné součásti [sec]

Celkové strojní náklady:

$$N_{CELK.STROJ} = N_{cnc} + N_{OMÍL.}$$

$$N_{CELK.STROJ} = 51283,3 + 1050$$

$$N_{CELK.STROJ} = 52\,333,3 K\check{c}$$

4.1.4. Celkové přímé náklady

Celkové přímé náklady se skládají

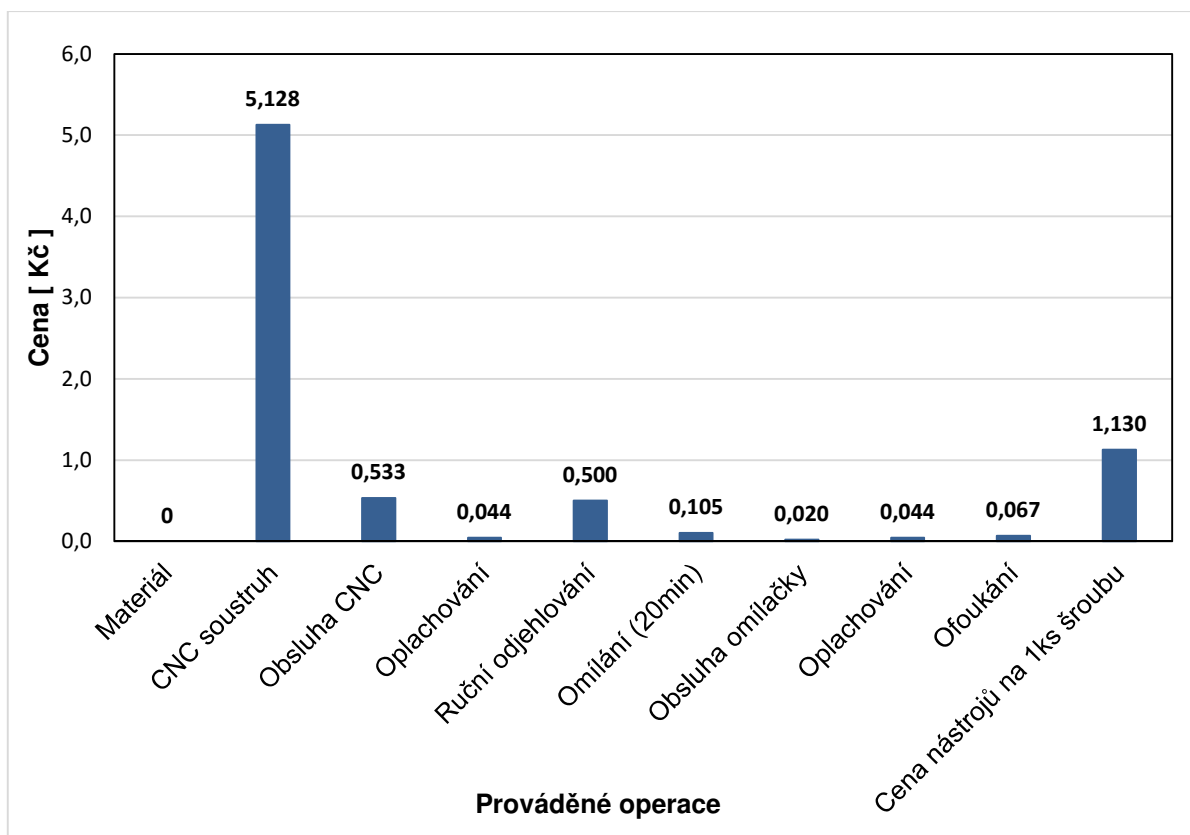
$$N_p = N_{mat} + N_{CELK.MZDY} + N_{CELK.STROJ}$$

$$N_p = 0 + 12090,05 + 52333,3$$

$$N_p = 64\,423,35 K\check{c}$$

Přímé náklady na jednu součást:

$$N_{P1} = \frac{N_p}{Q_s} = \frac{64423,35}{10000} = 6,44 \text{ Kč}$$



Graf 4.1. Přímé náklady na jednu součást

4.2. Fixní náklady

Celkové fixní náklady se nemění v intervalu objemu výroby, určeném výrobní kapacitou. V rámci této výrobní kapacity dle grafu 4.1 činí fixní náklady 11 300 Kč. Při objemu výroby ve výši 10 000 ks se fixní náklady najednou zvyšují na 22 600 Kč. Toto zvýšení fixních nákladů souvisí se zvýšením výrobní kapacity na 20 000 ks výrobků. Další fixní náklady, jako například pořizovací cena stroje, je započítána v základní mzdě stroje. ^[8]

$FN_{\text{nástroj}}$ - pořizovací cena nástrojů na vyráběnou dávku $Q_s = 10\,000\text{ks}$

$$FN = FN_{\text{nástroj}}$$

$$FN = 11\,300 \text{ Kč}$$

4.3. Tržby za materiálový odpad

Tyto tržby nejsou započítány do kalkulace nákladů na materiál, neodečítají se od vynaložených nákladů.

Cena jednoho kilogramu materiálového odpadu třísek: $C_{ot} = 1,20$ Kč/kg

Cena jednoho kilogramu hrubého materiálového odpadu: $C_o = 2,80$ Kč/kg

(Pozn. ceny materiálového odpadu aktualizované k datu 1. 5. 2016)

Hrubá hmotnost jedné součásti: $H_h = 0,066$ kg

Čistá hmotnost jedné součásti: $H_{\check{c}} = 0,0159$ kg

Hmotnost zbytku tyče (270 mm): $H_{zt} = 0,539$ kg

Výpočet hmotnosti odpadu:

$$\text{hmotnost třísek} - H_{třísek} = [(H_h - H_{\check{c}}) \cdot n] \cdot n_t$$

$$H_{třísek} = [(0,066 - 0,0159) \cdot 22] \cdot 488 = 537,9 \text{ kg}$$

$$\text{hmotnost zbytku tyčí} - H_{tyčí} = H_{zt} \cdot n_t$$

$$H_{tyčí} = 0,539 \cdot 488 = 263 \text{ kg}$$

Výpočet tržby:

$$T_{odp} = H_{třísek} \cdot C_{ot} + H_{tyčí} \cdot C_o = 537,9 \cdot 1,2 + 263 \cdot 2,8 = 1\,381,9 \text{ Kč}$$

Tržba z prodeje materiálového odpadu činí 1 381,9 Kč.

4.4. Celkové náklady

Celkové náklady, dostaneme jako součet variabilních (VN) a fixních (FN) nákladů a rozdíl tržby za materiálový odpad.

$$NC = VN + FN - T_{odp}$$

$$NC = 64423,35 + 11300 - 1381,9$$

$$NC = 74\,341,45 \text{ Kč}$$

Celkové náklady na jednu součást

$$NC_1 = \frac{NC}{Q_s} \cdot \frac{z}{100} = \frac{74341,45}{10000} \cdot \frac{8,89}{100} = 8,1 \text{ Kč}$$

kde: z – požadovaný zisk

[%]

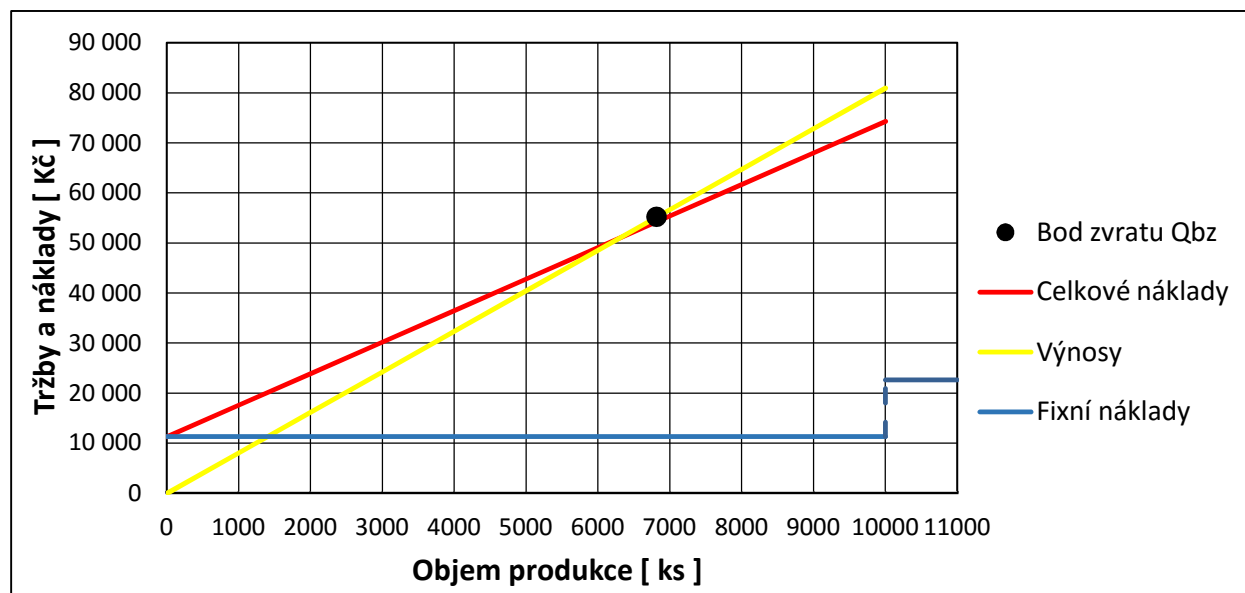
4.4.1. Bod zvratu

Bod zvratu neboli také mrtvý bod, zkoumá, jak se mění tržby, náklady a zisk se změnami objemu výroby. Je výchozím krokem pro mnoho rozhodnutí. Podnik potřebuje informace např. o tom, při jakém objemu výkonů bude mít pokryty variabilní i fixní náklady, od jakého objemu

výroby začíná tvořit zisk, při jaké ceně se ještě vyplatí výrobek vyrábět, kde jsou hranice případného zvyšování nákladů, aniž by vznikla ztráta apod.

Jestliže v tomto bodu nevniká zisk ani ztráta, znamená to, že výnosy pokrývají veškeré variabilní i fixní náklady. ^[9]

$$Q_{BZ} = \frac{FN}{NC_1 - NP_1} = \frac{11300}{8,1 - 6,44} = 6807,2 \doteq 6\,808ks$$



Graf 4.2 Analýza bodu zvratu

4.4.2.Výnosy

$$V = NC_1 \cdot Q_s = 8,1 \cdot 10000 = 81\,000\,Kč$$

4.4.3.Čistý zisk

$$Z_{\check{c}} = V - NC = 81000 - 74341,45 = 6\,658,55\,Kč$$

kde: $Z_{\check{c}}$ – čistý zisk při výrobě Q_s [Kč]

5. ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá zlepšením, zefektivněním výroby soustruženého dílce v našem případě šroubu, vyráběném na dlouhotočném CNC automatu CITIZEN Cincom A20.

V úvodu je zpracována teoretická část, do níž byly zahrnuty základní pojmy z oblasti soustružení, velkosériová a hromadná výroba a popsány CNC soustruhy.

V technické zprávě jsou uvedeny základní informace o vyráběné součásti, o materiálu součásti, o výchozím polotovaru a návrh technologického postupu. Pro lepší přehlednost technologického postupu jsou jednotlivé úběry materiálu graficky zobrazeny spolu s řeznými nástroji. Řezné nástroje byly voleny na základě doporučení od prodejců a z praktických zkušeností. Dle rozsahu řezných parametrů uvedených na krabičkách nástrojů, byly zvoleny a následně optimalizovány řezné parametry. Určení správných nástrojů a řezných podmínek (řezná a posuvová rychlost, šířka záběru ostří, řezné prostředí) má zásadní vliv na trvanlivost, životnost nástrojů a na správný chod výroby obráběných součástí. Obráběcí dráhy, rychloposuvy, vrtací cykly, M a G funkce jsou napsány v NC programu.

Na konci technické zprávy je uvedena výměna břitové destičky CCMT09T304E-FM, T9325 s tabulkou opotřebení. Výměna při řezné rychlosti $v_c = 170$ [m/min] a posuvu $f_n = 0,18$ [mm] je stanovena po 500 kusech. Při obrábění více kusů než bylo stanoveno, se začala tvořit dlouhá souvislá tříska, která měla nepříznivý vliv při následném obrábění.

V technickoekonomickém hodnocení jsou vypočítány náklady potřebné k výrobě zadané součásti dle navrženého technologického postupu a výpočet prodejní ceny součásti při dosažení požadovaného zisku. Celkové náklady se skládají z přímých nákladů, fixních nákladů a tržeb za materiálový odpad. Mezi přímé náklady patří náklady na materiál, které v našem případě činí 0 Kč, náklady na mzdy jejich hodnota je 12 090,05 Kč a náklady na strojní vybavení v hodnotě 52 333,3 Kč. Do fixních nákladů jsou započítány pouze nástroje na vyráběné množství 10 000 ks šroubů v hodnotě 11 300 Kč. Tato hodnota byla zjištěna zkoumáním trvanlivosti nástrojů, cenami a spočítána do tabulky (viz. Příloha č. 4). Tržba z prodeje materiálového odpadu činí 1 381,9 Kč. Celkové náklady na jednu součást byly vypočítány na 7,43 Kč. Stanovená prodejní cena ve firmě za jeden kus je 8,1 Kč. Z propočtu vychází, že čistý zisk na jednu součást je 0,67 Kč, což je pouze 8,9 %.

Na závěr bakalářské práce je analyzován bod zvratu Q_{BZ} , který určuje, od jakého minimálního množství vyráběných dílů je výroba dílů pro firmu rentabilní. Bylo zjištěno, že při výrobě nižší než 6 808 ks, je výroba ve ztrátě (žlutá přímka tržeb je pod červenou přímkou celkových nákladů). V bodě Q_{BZ} při výrobě 6 808 ks se přímky tržeb a celkových nákladů protínají, dochází k vyrovnání vynaložených nákladů s tržbami. Vyráběním součástí s

množstvím vyšším než 6 808 ks se příjma tržeb dostává nad příjmu celkových nákladů a firma produkuje zisk.

Seznam použité literatury

Monografie:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [2] SADÍLEK, Marek. *Obrábění I: výběr přednášek*. 1. vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3857-1.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; PETRŮ, J. *Výrobní stroje obráběcí*. 1. vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2012, s. 140. ISBN 978-80-248-2941-8.
- [4] ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení výroby*. 1. vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2012, s. 220. ISBN 978-80-248-2775-9.
- [5] NOVÁK, J. *Organizace a řízení*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2006, 105 s. ISBN 80-248-1223-1.
- [6] GRULICHOVÁ, Jana. *Stroje používané pro soustružení*. Brno 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 38 s., 5 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.
- [7] CITIZEN: *Cincom A20-VII GBL*, katalog PDF.
- [8] MRUZKOVÁ, J a K LISZTWANOVÁ. *Teorie nákladů: kalkulace a ceny*. VŠB-TUO Ekonomická fakulta. 2013. ISBN 978-80-248-3164-0.
- [9] MRUZKOVÁ, J a D DLUHOŠOVÁ. *Teorie nákladů: Analýza bodu zvratu*. VŠB-TUO Ekonomická fakulta. 2013. ISBN 978-80-248-3164-0.
- [10] GRUFÍK, L. *Výroba součástí Trubka objemovým tvářením*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 69 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Karel Novotný, CSc.

Internetové zdroje:

- [11] *Eluc.kr-olomoucky.cz: Poloautomaty a automaty* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1221>
- [12] *Mrg-cz: Express 220* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.mrg-cz.cz/produkt/express-220>
- [13] *Tajmac-zps.cz: Dlouhotočný CNC automat K'MX 413* [online]. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.tajmac-zps.cz/cs/KMX-413>
- [14] *Tajmac-zps.cz: Dlouhotočný CNC automat K'MX 413* [online]. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: http://www.tajmac-zps.cz/sites/tajmac-zps-2.os.zps/files/kmx413_cz.pdf

- [15] GRUNÍK, Jan. *vutbr.cz: Číslicové řízení vícevřetenového soustružnického automatu* [online]. 2009 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17104
- [16] *Tajmac-zps.cz: Víceřetenový soustružnický automat MORI-SAY 632AC, 642AC* [online]. 2009 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.tajmac-zps.cz/cs/MORI-SAY-632AC>
- [17] *Bolzano.cz: Přehled vlastností oceli 42CrMo4* [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: http://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10083/MOP_vlastnosti_42CrMo4.pdf
- [17] *Falti.cz: vrták do kovu krátky kobaltový* [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://www.falti.cz/55-mm-vrtak-do-kovu-kratky-kobaltovy-hssco5-se-samostredici-spickou-din1897/d-71319/>
- [18] *Pm-tech.cz: vnější soustružení. : ISO line* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.pm-tech.cz/D00100_pdf_katalogy/PM-TECH_01_APPLITEC_03_ISO-Line.pdf
- [19] *Pm-tech.cz: drzaky_upinace. : držáky pro dlouhotočné automaty* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.pm-tech.cz/D00100_pdf_katalogy/PM-TECH_03_GRAF_01_protivreteno.pdf
- [20] *Ecat.pramet: Soustružení. : Nože pro soustružení závitů* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://ecat.pramet.com/img/PICTURES/Turning/Main/Dim/SER.PNG>
- [21] *Pm-tech.cz: vnější soustružení. : CUT-line* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.pm-tech.cz/D00100_pdf_katalogy/PM-TECH_01_APPLITEC_02_CUT-Line.pdf

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Výkres součásti

Příloha č. 2 – Atest materiálu

Příloha č. 3 – NC program

Příloha č. 4 – Trvanlivost nástrojů